

КОСМОЛОГИЯ И АСТРОФИЗИКА

УДК 523.11:524.827:539.12:524.854:530.11

Букалов А.В.**О СТРУКТУРЕ ВАКУУМА И ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ
НА ПЛАНКОВСКИХ МАСШТАБАХ***Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,
ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: bukalov.physics@socionic.info*

На основании модели пространства П.И. Фомина и космологической модели со сверхпроводимостью, предложенной автором, позволяющей получить наблюдаемое значение плотности энергии вакуума, предложена гипотеза об отсутствии хаотических квантовых флуктуаций на планковских масштабах. Рассматривается постулат о квантовой упорядоченности планковских доменов, образующих, подобно атомам в кристаллической решетке, упорядоченные структуры с квантовым движением, орбитами и квантовыми энергетическими уровнями. Поэтому, подобно тому, как атомы в кристалле упорядочены, а их электроны не излучают, находясь на стационарных орбитах, так и планковские домены — «атомы» пространства-времени — представляют собой упорядоченные квантовые вихри, которые не излучают в отсутствие возмущений.

Ключевые слова: квантовая гравитация, сверхпроводимость, планковская длина, гравитационный квантовый вихрь, «атомы» пространства-времени, массы элементарных частиц.

1. Введение

Как принято считать после работ Дж. Уилера [1], на планковских масштабах пространство-время имеет пенистую хаотическую структуру. Поэтому вычисления в рамках квантовой гравитации на этих масштабах оказываются невозможными ввиду нарастающих расходимостей. В то же время существуют и альтернативные модели, в которых пространство-время состоит из дискретных доменов. Одной из таких моделей является модель кристаллоподобной структуры пространства-времени на планковских расстояниях, предложенная П.И. Фоминым. Вычисления показывают, что домены планковской массы могут взаимодействовать между собой квадрупольными гравитационными силами и образовывать решетку, напоминающую структуру кристалла [2, 3]. В рамках этой модели предложено рассматривать известные элементарные частицы как квантовые возбуждения квазикристаллической планковской решетки, т.е. как аналог фононов. Однако эта модель имеет общий характер и не позволяет вычислять массы элементарных частиц и описывать динамику пространства-времени и формирование космологической постоянной. Но рассмотрение явления конденсации первичных фермионов как первичных возбуждений квазикристаллической решетки по законам квантовой теории сверхпроводимости Бардина–Купера–Шриффера (БКШ) позволило, в рамках предложенной автором космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), корректно описать рождение Вселенной и её «инфляционное» расширение, начало эпохи Большого Взрыва, а также все массы известных элементарных частиц [4–9].

При этом возможность такого описания, дающего многочисленные совпадения с экспериментальными данными, ставит перед необходимостью пересмотра представлений о пенообразной структуре пространства-времени на планковских расстояниях.

2. О степени упорядоченности на планковских масштабах

Чтобы понять, существует ли в реальности хаотическая пена на планковских расстояниях, можно оценить плотность этой пены. Очевидно, что эта плотность должна быть близка к планковской:

$$\rho_{\text{Soap}} \approx \rho_P \gg \rho_V = 10^{-120} \rho_P \quad (1)$$

но этого не наблюдается, поскольку механизм компенсации флуктуаций отсутствует.

Хаотически колеблющаяся пена должна излучать гравитационные волны с плотностью энергии также близкой к планковской. Такое излучение также не наблюдается, как и гигантская энтропия, порождаемая таким излучением.

Из известной зависимости для постоянной тонкой структуры $\alpha_{em} = e^2 / \hbar c$ следует связь электрических зарядов e и «планковских» Q_P , которые, вероятно, являются носителями не только гравитационного, но и единого (гравитационно-глюонно-электрослабого) полей.

$$\hbar c = Q_P^2 = \alpha_{em}^{-1} e^2 \quad (2)$$

При этом точность и стабильность соотношения (2) свидетельствует об отсутствии стохастической пенистой структуры, поскольку её наличие явным образом нарушало бы это соотношение.

Исходя из космологической модели со сверхпроводимостью и модели П.И. Фомина можно выдвинуть гипотезу об отсутствии хаотических квантовых флуктуаций на планковских масштабах и предложить постулат о квантовой упорядоченности планковских доменов, образующих, подобно атомам в кристаллической решетке, упорядоченные структуры с квантовым движением, орбитами и квантовыми энергетическими уровнями. Поэтому, подобно тому, как атомы в кристалле упорядочены, а их электроны не излучают, находясь на стационарных орбитах, так и планковские домены — атомы пространства-времени — представляют собой квантовые вихри [10]. Поскольку на планковских масштабах существует единое, а не гравитационное поле, есть все основания считать, что сильная нелинейность, свойственная гравитационному полю, появляется только на масштабах Большого Объединения, когда происходит разделение фундаментальных взаимодействий.

Рассмотрение Вселенной как такого планковского кристалла позволяет оценить его удельную энтропию, или энтропию возбуждений.

Как известно, максимальная энтропия в пределах причинного хаббловского радиуса по формуле Бекенштейна-Хокинга:

$$S = \frac{4\pi R_H^2}{4L_P^2} = \frac{\pi R_H^2}{L_P^2} \approx 2 \cdot 10^{122} \quad (3)$$

Отсюда следует и утверждение голографического принципа о том, что площадь поверхности причинного горизонта, или горизонта событий чёрной дыры, описывает максимум информации. Однако наблюдаемая Вселенная пространственно трехмерна. В ней содержатся $N_1 = R_H^3 / L_P^3 \approx 10^{183}$ планковских доменов (для 4-мерной пространственно-временной структуры Вселенной их число $N_2 = R_H^4 / L_P^4 \approx 10^{244}$). Это означает, что 10^{122} флуктуаций (возбуждений) приходится на 10^{183} (10^{244}) планковских доменов — атомов пространства-времени. Формально это можно выразить, принимая за единицу планковской длины толщину горизонта. Тогда 3-мерный объем слоя у горизонта составит $V \approx R_H^2 L_P$. Количество возбуждений, приходящихся на 3-мерный объем составит

$$N = \frac{N_1}{N_2} = \frac{R_H^2 L_P}{R_H^3} = \frac{L_P}{R_H} = 10^{-60} \quad (4)$$

Таким образом, на 10^{60} планковских доменов приходится одно возбуждение. Длина волны такого возбуждения составляет

$$\lambda \approx \left(\frac{R_H}{L_P} \right)^{1/3} L_P \approx 10^{20} L_P \approx \lambda_\pi \gg L_P \quad (5)$$

Это означает, что возбуждения отсутствуют на планковских масштабах, поскольку их размеры на 20 порядков превышают планковскую длину.

Полученные масштабы полностью соответствуют формуле Зельдовича–Кардашева–Букалова для общей плотности энергии Вселенной [11, 12, 13], согласно которой вакуумные флуктуации с массой, равной половине массы заряженного π -мезона (то есть с массой кванта вакуумного π -мезонного поля $m_{\pi^\pm} / 2$) в собственном комптоновском объеме образуют замкнутые миры с 3-мерным объемом гипертсферы $2\pi^2 \lambda_{\pi^\pm}^3$:

$$\rho = \frac{G_N}{2\pi\lambda_{\pi^\pm}^3 c^2 \lambda_{\pi^\pm}} \left(\frac{m_{\pi^\pm}}{2} \right)^2 = \frac{m_G}{2\pi^2 \lambda_{\pi^\pm}^3}. \quad (6)$$

При этом суммарная энергия этих возбуждений составляет наблюдаемую энергию Вселенной (в целях нормировки рассматриваем в пределах радиуса Хаббла).

$$E = 10^{120} \varepsilon_G = M_H c^2. \quad (7)$$

Возможен ряд конфигураций:

$$10^{60} L_P^3 \approx \lambda_{\pi^\pm}^3 \approx L_P^2 R_H \approx \lambda_V^2 L_P \approx \lambda_U R_H^2. \quad (8)$$

3. Планковские ячейки как квантовые вихри и энергия Большого Взрыва

Таким образом, количество возбуждений соответствует количеству ячеек с площадью $4L_P^2$ на поверхности причинного горизонта. Эти элементарные планковские ячейки можно рассматривать как элементарные планковские вихри [10]:

$$\oint \nabla_\mu \theta \nabla_\nu \theta dl^\mu dl^\nu = 2\pi n_1 L_P 2\pi n_2 L_P = 4\pi^2 n_1 n_2 L_P^2.$$

Любая причинная поверхность состоит из набора квантовых вихрей планковского масштаба. Собственно, квадратичный интервал, рассматриваемый в ОТО, является, по-видимому, следствием существования таких вихрей. Но такие же квантованные вихри соответствуют планковским доменам внутри горизонта событий, или причинного горизонта. Они и образуют «атомы» пространства-времени с вихревыми токами. При этом они представляют собой минимальные черные дыры, которые оказываются квантовыми вихрями и одновременно — гравитационно-электрослабо-глюонными «атомами» (точнее, «атомами», связанными с единым полем взаимодействий, поскольку $L_P \ll \lambda_{GUT}$. В связи с этим интересно отметить, что есть интервал, соответствующий электрическому заряду $L_1(e) = \alpha_{em}^{-1/2} L_P \sqrt{8\pi}$, $L_2(e) = 8\pi \alpha_{em}^{-1} L_P$.

При энергии Большого Объединения $E = 1,35 \cdot 10^{15}$ эВ

$$\frac{M_P c^2}{(8\pi)^{1/2}} \frac{1}{E_{GUT}} = \frac{m_p}{m_e} \left(\frac{3}{\pi} \right)^{1/2}. \quad (9)$$

Если частицы с $m = E_{GUT} / c^2$ соответствуют аналогу электрона, то это объясняет, почему Большой Взрыв произошел при этой энергии: это энергия ионизации планковского «атома». Более низких устойчивых орбит не существует. При этом интервалы длины $L_1(e)$ можно интерпретировать как электрический радиус «ядра» планковского «атома».

4. О происхождении масс элементарных частиц

Об упорядоченности на планковских расстояниях свидетельствует феномен дробного квантования константы взаимодействия первичных фермионов, образующих сверхпроводящий, сверхтекучий конденсат:

$$\lambda^{-1} = \frac{n}{m} \alpha_{em}^{-1} = \frac{n}{m} \frac{Q_P^2}{e^2}. \quad (10)$$

Заряд первичных фермионов квантуется и взаимодействует с вихревыми линиями первичного поля: поглощение одного вихря дает композитный бозон, двух вихрей — композитный фермион. Далее происходит конденсация композитных фермионов в сверхтекучее, сверхпроводящее состояние. Отметим также, что поглощение вихрей первичного поля приводит к эффекту движения композитных частиц в плоском пространстве-времени. Поэтому поле на планковских масштабах не искривляет пространство-время, а пространственно-временная петля отсутствует ввиду квантования вихрей и их поглощения первичными фермионами с образованием композитных частиц. Конденсация композитных частиц дает массы в виде энергетических щелей [6, 7, 8]:

$$m_i = \Delta_i = \frac{M_P}{c_i e^{\lambda_i^{-1} n/m}}. \quad (11)$$

5. Выводы

Квантование гравитационных вихрей на планковских масштабах находится в соответствии с квантованием площади горизонта событий и снимает проблему расходимости в квантовой гравитации, включая расходимость плотности энергии вакуума. Модель квантовой упорядоченной структуры пространства-времени делает излишней гипотезу о пенистой структуре пространства-времени и позволяет построить космологическую теорию со сверхпроводимостью (CMS), решающую проблемы плотности темной энергии, иерархии масс элементарных частиц, а также уточнение инфляционной теории рождения Вселенной.

Л и т е р а т у р а :

1. *Wheeler J.A., Ford K.W.* Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics. — New York: W.W. Norton & Co., 1998. — 380 p.
2. *Fomin P.I.* Zero cosmological constant and Planck scales phenomenology // Proc. of the Fourth Seminar on Quantum Gravity, May 25–29, Moscow / Ed. by M.A.Markov. — Singapore: World Scientific, 1988. — P. 813
3. *Fomin P. I.* On the crystal-like structure of physical vacuum on Planck distances // Probl. phys. kinetics and physics of solid body. — Kiev: Naukova dumka, 1990. — P. 387–398.
4. *Букалов А.В.* Решение проблемы темной энергии и энергии вакуума в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 1. — С. 5–14.
5. *Bukalov A.V.* The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum. // Odessa Astronomical Publications. — 2016. — 29. — P. 42–45.
6. *Букалов А.В.* Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 1 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 2. — С. 23–26.
7. *Букалов А.В.* Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 2 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 3. — С. 24–27.
8. *Букалов А.В.* О массах тяжелых элементарных частиц // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 4. — С. 21–23.
9. *Букалов А.В.* О космологической модели со сверхпроводимостью (решение ряда проблем) // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 31–36.
10. *Букалов А.В.* О квантовании гравитационного потока // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 4. — С. 31–33.
11. *Zeldovich Y.B.* *JETP lett.* **6**, 345 (1967).
12. *Кардашев Н.С.* // Препринт ФИАН. — 1997. — № 26
13. *Букалов А.В.* Решение проблемы космологической постоянной и происхождения Больших Чисел Дирака–Эддингтона // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 40–43.

Статья поступила в редакцию 10 ноября.2016 г.

Bukalov A.V.

On the structure of vacuum and space-time on Planck scales

On the base of space model by P.I. Fomin and the cosmological model with superconductivity proposed by the author, which makes it possible to obtain the observed value of the vacuum energy density, a hypothesis is proposed about the absence of chaotic quantum fluctuations on Planck scales. It is considered a postulate on the quantum ordering of Planck domains forming, like atoms in the crystal lattice, ordered structures with quantum motions, orbits, and quantum energy levels. Therefore, just as the atoms in the crystal are ordered and their electrons do not radiate in stationary orbits, Planck's domains as “atoms” of space-time are ordered quantum vortices that do not radiate in the absence of perturbations.

Keywords: quantum gravity, superconductivity, Planck length, gravitational quantum vortex, “atoms” of space-time, masses of elementary particles.